

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-274646

(43)Date of publication of application : 08.10.1999

(51)Int.Cl.

H01S 3/18
G02B 1/04
G02B 5/18
G02B 6/32
G02B 6/42
G02B 13/00
G02B 13/18

(21)Application number : 10-073814

(22)Date of filing : 23.03.1998

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

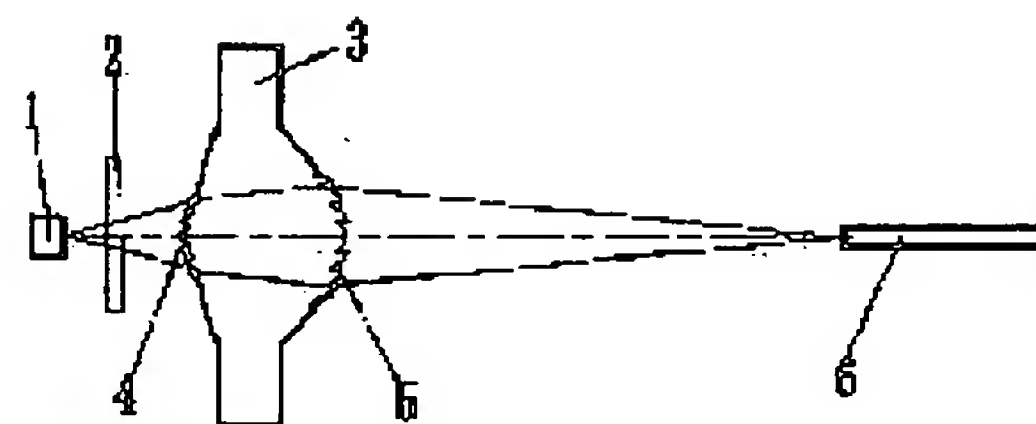
(72)Inventor : TANAKA YASUHIRO
ASAKURA HIROYUKI
YAMAGATA MICHIIRO

(54) PLASTIC LENS AND SEMICONDUCTOR LASER MODULE EMPLOYING IT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To attain a stabilized optical coupling effect by integrating a diffracting means on the opposite refracting faces of a simple lens such that specified conditions are satisfied when an objective point and an image are located, respectively, on the focus point side and semiconductor side thereby suppressing shift of focus point.

SOLUTION: A plastic lens 3 is a simple lens having nonspherical faces with phase gratings 4, 5 being formed on the incoming and outgoing sides of light and refracted or diffracted light is focused on the end face of an optical fiber 6. When the NAL (number of aperture) on the light intake side of a semiconductor laser is $0.15 < \text{NAL} < 0.5$, magnification m of the optical system is $0.2 < m < 1$ and a diffracting means is integrated on the opposite sides of the refracting face, the ratio between the local length f_G and the focal length f_P of lens subjected to refraction is set in the range of $0.06 < WT \cdot f_P / f_G < 0.135$, where WT is fluctuation of wavelength (unit: nm/degree) of the semiconductor laser. Spherical aberration is corrected sufficiently and high coupling effect can be attained.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-274646

(43)公開日 平成11年(1999)10月8日

(51)Int.Cl.⁶
H 0 1 S 3/18
G 0 2 B 1/04
5/18
6/32
6/42

識別記号

F I
H 0 1 S 3/18
G 0 2 B 1/04
5/18
6/32
6/42

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 10 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平10-73814

(22)出願日 平成10年(1998)3月23日

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 田中 康弘

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 朝倉 宏之

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 山形 道弘

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74)代理人 弁理士 滝本 智之 (外1名)

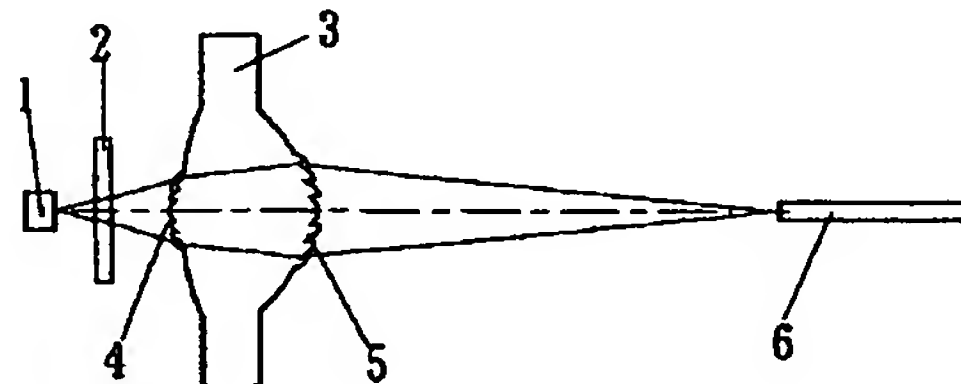
(54)【発明の名称】 プラスチックレンズとそれを用いた半導体レーザモジュール

(57)【要約】

【課題】 半導体レーザの光を光ファイバに結合させるためのプラスチックレンズに関し、温度によって低下する結合効率を実用上十分な範囲内に抑制し安定した結合効率を得る。またモジュールの光出力を一定基準以下に抑える。

【解決手段】 プラスチックレンズの温度変化によって生じる焦点シフトを屈折面に一体化した回折素子によって補正し、かつ回折素子のピッチを加工が容易な範囲とする。また回折効率を制御して、焦点面にアパーチャを設けることで、モジュールの光出力を抑制する。

1 半導体レーザ
2 カバーガラス
3 透光レンズ
4 第1面側の位相格子
5 第2面側の位相格子
6 光ファイバ



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 半導体レーザと半導体レーザの出射光を集光するプラスチックレンズとからなる半導体レーザモジュールの光学系において、前記プラスチックレンズは少なくとも 1 面が非球面からなる単レンズであって、前記単レンズの両方の屈折面に回折手段を一体化し、集光点側を物点、半導体レーザ側を像点としたとき、以下の条件を満足するプラスチックレンズ。

$$0.15 < NA_L < 0.5 \quad (1)$$

$$0.2 < |m| < 1 \quad (2)$$

$$0.06 < W_T \cdot f_p / f_c < 0.135 \quad (3)$$

ただし

NA_L ：単レンズの半導体レーザ側（像点側）の NA （開口数）

m ：倍率

f_c ：回折素子の総合焦点距離で $f_c = 1/f_{c1} + 1/f_{c2}$ で表す。ただし、

f_{c1} ：物点側の面に一体化された回折レンズの焦点距離

f_{c2} ：像点側の面に一体化された回折レンズの焦点距離

f_p ：単レンズの屈折作用によるレンズの焦点距離

W_T ：半導体レーザの単位温度あたりの波長変動（単位：nm/度）

【請求項 2】 半導体レーザと半導体レーザの出射光を集光するプラスチックレンズとからなる半導体レーザモジュールの光学系において、前記プラスチックレンズは少なくとも 1 面が非球面からなる単レンズであって、前記単レンズの片方の屈折面に回折手段を一体化し、集光点側を物点、半導体レーザ側を像点としたとき、以下の条件を満足するプラスチックレンズ。

$$0.15 < NA_L < 0.5 \quad (4)$$

$$1/5 < |m| < 1 \quad (5)$$

$$0.02 < W_T \cdot f_p / f_c < 0.12 \quad (6)$$

ただし

NA_L ：単レンズの半導体レーザ側（像点側）の NA （開口数） m ：倍率

f_c ：片方の面に一体化された回折レンズの焦点距離

f_p ：単レンズの屈折作用によるレンズの焦点距離

W_T ：半導体レーザの単位温度あたりの波長変動（単位：nm/度）

【請求項 3】 前記回折手段は輪帯状の位相格子であることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載のプラスチックレンズ。

【請求項 4】 前記回折手段の 1 次回折光を用いたことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のプラスチックレンズ。

【請求項 5】 前記回折手段の 2 次以上の回折光を用いたことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載のプラスチックレンズ。

【請求項 6】 光ファイバと光ファイバの入射端を固定する固定手段とレーザ光を発振する半導体レーザと、前

記半導体レーザからのレーザ光を前記光ファイバの入射端に結像するプラスチックレンズとからなり、前記プラスチックレンズは請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載されたものである半導体レーザモジュール。

【請求項 7】 光ファイバと光ファイバの入射端を固定する固定手段とレーザ光を発振する半導体レーザと、前記半導体レーザからのレーザ光を前記光ファイバの入射端に結像するプラスチックレンズとからなり、前記プラスチックレンズは請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載されたものであり、前記光ファイバの入射端にアパーチャ部材を設けたことを特徴とする半導体レーザモジュール。

【請求項 8】 前記プラスチックレンズは前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザを固定する固定手段を兼ねるよう一体に成形されたことを特徴とするプラスチックレンズ。

【請求項 9】 前記プラスチックレンズは前記光ファイバの入射端を固定する固定手段と、前記半導体レーザを固定する固定手段を兼ねるよう一体に成形されたことを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の半導体レーザモジュール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光通信や光計測等に用いられ、半導体レーザのレーザ光を光ファイバに結合するプラスチックレンズとそれを用いた半導体レーザモジュールに関する。

【0002】

【従来の技術】光通信に用いられる半導体モジュールにおいて、半導体レーザまたは光受光素子と光ファイバとを効率よく結合させることが求められている。従来の半導体レーザモジュールについて図 11 を用いて説明する。図 11 は従来の半導体レーザモジュールの構成例を示す断面図である。従来のレーザモジュールはレンズホルダー 24 に半導体レーザ 23 と、集光レンズ 25 が固定されている。さらにレンズホルダー 24 は接続用ホルダー 26 に挿入される。この接続用ホルダー 26 に対して、光ファイバ 28 の入射端部が固定される。光ファイバ 28 を挿入するフェルール 29 と、フェルール固定用フェルールホルダー 27 とにより着脱自在に固定される。

【0003】集光レンズ 25 はガラス製の非球面レンズである。半導体レーザ 23 から出た光 30 は集光レンズ 25 で光ファイバ 28 の端面に集光され、ファイバに結合される。集光レンズとしては低コスト化のためプラスチック非球面レンズが使用される場合もある。（たとえば特開平 5 - 60952 号公報、特開昭 61 - 245594 号公報、特開平 5 - 27140 号公報、特開平 5 - 60940 号公報等）。

【0004】また、取り扱い上の安全性の点から、レーザモジュールからの光出力を一定基準以下に制限するた

めに、光ファイバがはずれた場合に、自動的に発光を停止する機能を有するものやモジュールからの出力を光学的に制限するものがある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このような従来のレーザーモジュールでは非球面レンズを使用する場合、ガラス非球面レンズは高価でありレーザーモジュールのコストが高くなってしまふ。またプラスチックの非球面レンズでは、熱膨張係数がガラスと比較して大きく、またプラスチック材料の屈折率が温度によって変化する。このためプラスチックレンズを使用すると、温度の変化に伴って半導体レーザー発振器とレンズ間距離を固定した場合、焦点距離すなわち光ファイバ方向の結像位置が変化することになる。

【0006】たとえばレーザーと光ファイバ間距離が10mm、倍率が3倍のプラスチックレンズの場合、温度による焦点移動は $8\mu\text{m}/\text{deg}$ となる。したがって、レーザーモジュールでは半導体レーザー発振器、レンズ、光ファイバがいずれも固定されているために、光ファイバへの結合効率が温度と共に変化してしまふ。通常は常温において調整組立されるために、レーザーモジュールの高温動作や低温動作では光ファイバからの出力が低下してしまふ。

【0007】さらに回折素子をプラスチックレンズに一*

$$V_r = (n_{0.790} - 1) / (n_{50.790} - n_{50.800}) \quad (7)$$

となる。ここで常温時の屈折率を1.5とすると、

(7)式の分子は ± 50 度での屈折率差で0.009と*

$$V_c = 790 / (780 - 800) = -39.5 \quad (8)$$

となる。ここで、プラスチックレンズの焦点距離変化を回折素子で完全に補正するためには、プラスチックレンズの焦点距離を f_r 、回折素子の焦点距離を f_c とする

$$1 / (f_r \cdot V_r) + 1 / (f_c \cdot V_c) = 0 \quad (9)$$

を満たす必要がある。すなわち(9)式から、 $f_r / f_c = -V_c / V_r = 0.711$ となる必要がある。つまり V_r と V_c の絶対値はほぼ同じ程度の大きさであるため、 f_r と f_c もほぼ同じ焦点距離である必要がある。この点は従来の回折素子を一体化した色消しレンズでは回折素子のパワーが屈折素子のパワーより1桁以上小さくて良い点とは大きく異なる。

【0010】半導体レーザーモジュールでは、半導体レーザーから出た光を効率よく取り込むために、半導体レーザー側のNAは通常0.3程度である。このレンズを達成するためにプラスチックレンズと回折レンズが同じパワーを持っているとすると、回折レンズに必要なNAは0.15程度となる。回折レンズの最小ピッチ d_{\min} は、ほぼNAと波長 λ によって決まり、

$$d_{\min} = \lambda / \text{NA} \quad (10)$$

となる。例としてNAが0.15、波長が800nmとすると、最小ピッチ d_{\min} は、 $5.3\mu\text{m}$ と非常に小さ

* 体化し、半導体レーザーの波長変動を利用してプラスチックレンズの焦点距離が変化しないようにした場合について考察する。たとえばプラスチックレンズとして屈折率の温度に対する変化量は約 -8.5×10^{-4} 程度である。温度変化が ± 50 度であるとプラスチックレンズの屈折率変化は ± 0.004255 となる。

【0008】一方半導体レーザーの温度変化に対する波長変動を $0.2\text{nm}/\text{度}$ とすると温度変化が同様に ± 50 度として半導体レーザーの波長は $\pm 10\text{nm}$ 変化する。半導体レーザーの中心波長が790nmであれば、780nmから800nmまで変化することになる。常温における中心波長での屈折率を $n_{0.790}$ とすると、温度が常温 -50 度のときの屈折率は波長が780nmになるので、 $n_{50.780}$ 、温度が常温 $+50$ 度のときの屈折率は波長が800nmになるので、 $n_{50.800}$ と表すことにし、温度による屈折率変化と、波長の変化による屈折率変化を総合すると、 ± 50 度でのプラスチックレンズの屈折率変化は ± 0.0045 程度となる。

【0009】温度により屈折率が変化することでプラスチックレンズの焦点距離が変化する分を、波長が変化するることによる回折素子の焦点距離変化で補正する場合に必要なそれぞれの素子のパワーについて計算する。回折素子の焦点距離は屈折率変化には依らない。温度変化が ± 50 度の場合、プラスチックレンズの分散 V_r は

※なり $V_r = 55.56$ となる。回折素子の分散 V_c は

くなる。回折素子のピッチが小さくなりすぎると加工が著しく困難であるなどの問題があった。

【0011】また、半導体レーザーモジュールは取り扱いの安全性の点から、レーザーモジュールからの光出力を一定基準以下に制限するための機能を付加しなければならないため、構造が複雑になりコストが上昇する。光ファイバのはずれの検出をして発光を停止するためには制御回路が必要になる。光学的に光量を制約する方法としてアパーチャーによって光量を制限する方法があり、アパーチャーが、集光レンズを通過するレーザー光を制限するために設けられる。しかし、この方法は、アパーチャーの面積によって透過率を制約するために、レーザーの射出角のばらつきによる特性ばらつき、アパーチャーの加工に高い精度が要求される。また位置調整などの組立工数の増加が発生する。これらはいずれもコストの増加を伴うものであった。

【0012】本発明は上記問題点に鑑み、レーザーモジュール内の温度変化による半導体レーザーの発振波長の変化やプラスチックレンズの光学特性の変化に対応して、結像位置の移動の少ない安定な光結合効率が得られ、かつ作り易いプラスチックレンズを提供するとともに、そのレンズを用いて、温度特性が良く、低コストでレーザーモ

ジュールからの出力光を一定値以内に制約する半導体レーザーモジュールを提供することを目的とするものである。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明のプラスチックレンズは、半導体レーザーと半導体レーザーの出射光を集光するプラスチックレンズとからなる半導体レーザーモジュールの光学系において、前記プラスチックレンズは少なくとも1面が非球面からなる単レンズであって、前記単レンズの両方の屈折面に回折手段を一体化し、集光点側を物点、半導体レーザー側を像点としたとき、以下の条件を満足することを特徴とするように構成されている。

$$【0014】 0.15 < NA_L < 0.5 \quad (1)$$

$$0.2 < |m| < 1 \quad (2)$$

$$0.06 < W_T \cdot f_p / f_c < 0.135 \quad (3)$$

ただし

NA_L ：単レンズの半導体レーザー側（像点側）のNA（開口数）

m ：倍率

f_c ：回折素子の総合焦点距離で $f_c = 1/f_{c1} + 1/f_{c2}$ で表す。ただし、

f_{c1} ：物点側の面に一体化された回折レンズの焦点距離

f_{c2} ：像点側の面に一体化された回折レンズの焦点距離

f_p ：単レンズの屈折作用によるレンズの焦点距離

W_T ：半導体レーザーの単位温度あたりの波長変動（単位：nm/度）

また本発明の別のプラスチックレンズは、半導体レーザーと半導体レーザーの出射光を集光するプラスチックレンズとからなる半導体レーザーモジュールの光学系において、前記プラスチックレンズは少なくとも1面が非球面からなる単レンズであって、前記単レンズの片方の屈折面に回折手段を一体化し、集光点側を物点、半導体レーザー側を像点としたとき、以下の条件を満足する。

$$【0015】 0.15 < NA_L < 0.5 \quad (4)$$

$$0.2 < |m| < 1 \quad (5)$$

$$0.02 < W_T \cdot f_p / f_c < 0.12 \quad (6)$$

ただし

NA_L ：単レンズの半導体レーザー側（像点側）のNA（開口数）

m ：倍率

f_c ：片方の面に一体化された回折レンズの焦点距離

f_p ：単レンズの屈折作用によるレンズの焦点距離

W_T ：半導体レーザーの単位温度あたりの波長変動（単位：nm/度）

上記構成において、回折手段は輪帯状の位相格子であることが望ましい。

【0016】また、回折手段は1次回折光を用いることが望ましい。さらに、回折手段は2次以上の回折光を用いることが望ましい。

【0017】一方、本発明の光ヘッド装置は、光源と、前記光源から出射された光線を情報媒体面上に集光する集光手段と、前記情報媒体で変調された光束を分離するための光束分離手段と、前記情報媒体で変調された光を受光する受光手段を具備し、前記集光手段は上記各構成のいずれかに記載されたものである。

【0018】一方、本発明の半導体レーザーモジュールは、光ファイバと光ファイバの入射端を固定する固定手段とレーザー光を発振する半導体レーザーと、前記半導体レーザーからのレーザー光を前記光ファイバの入射端に結像するプラスチックレンズを具備し、前記プラスチックレンズは上記各構成のいずれかに記載されたものである。

【0019】また、本発明の別の半導体レーザーモジュールは、光ファイバと光ファイバの入射端を固定する固定手段とレーザー光を発振する半導体レーザーと、前記半導体レーザーからのレーザー光を前記光ファイバの入射端に結像するプラスチックレンズを具備し、前記プラスチックレンズは上記各構成のいずれかに記載されたものであり、前記光ファイバの入射端に不要な回折光をの透過を制限するアバーチャ部材を設けたことを特徴とするものである。

【0020】また本発明の別の半導体レーザーモジュールは、光ファイバの入射端を固定する固定手段を兼ねるよう一体に成形されたことを特徴とするプラスチックレンズを用いたものである。

【0021】

【発明の実施の形態】以上のように、本発明のプラスチックレンズは単レンズであるから光学系がシンプルであり、また少なくとも1面に非球面を用いることで、球面収差を十分に補正し高い結合効率を得ることができる。さらに、半導体レーザーの光を取り込む側の NA_L を $0.15 < NA_L < 0.5$ (1) の範囲にする必要がある。この範囲の下限を越えると半導体レーザーの光を十分に取り込むことができなくなる。またこの範囲の上限を越えても半導体レーザーの光を取り込む量はほとんど増えず、逆に収差性能を満足することが困難となる。

【0022】また光学系の倍率 m を

$$0.2 < |m| < 1 \quad (2)$$

の範囲に限定する必要がある。この範囲の下限を越えると、光ファイバ側のスポット径が大きくなりすぎ、結合効率を得られなくなる。一方この範囲に上限を越えると位置決め精度が厳しくなりすぎて組立調整が困難となる。

【0023】さらに、回折手段を屈折面の両面に一体化し、その焦点距離 f_c と屈折によるレンズの焦点距離 f_p との比を

$$0.06 < W_T \cdot f_p / f_c < 0.135 \quad (3)$$

の範囲にする必要がある。ただし

f_c ：回折素子の総合焦点距離で $f_c = 1/f_{c1} + 1/f_{c2}$

c_2 で表す。ただし、

f_{c1} ：物点側の面に一体化された回折レンズの焦点距離

f_{c2} ：像点側の面に一体化された回折レンズの焦点距離

f_p ：単レンズの屈折作用によるレンズの焦点距離

W_T ：半導体レーザの単位温度あたりの波長変動（単位：nm/度）

この範囲の下限を越えると温度変化に対して焦点の移動量が大きくなりすぎ、結合効率が悪化してしまう。この範囲の上限を越えると、回折素子のピッチが小さくなりすぎて作り難いレンズとなってしまう。

【0024】本発明の別のプラスチックレンズでは、片面のみに回折手段を一体化しても、先に述べた理由と同様に以下で以下の条件を満足する必要がある。

$$【0025】0.15 < NA_L < 0.5 \quad (4)$$

$$0.2 < |m| < 1 \quad (5)$$

$$0.02 < W_T \cdot f_p / f_c < 0.12 \quad (6)$$

ただし

NA_L ：単レンズの半導体レーザ側（像点側）のNA（開口数） m ：倍率

f_c ：片方の面に一体化された回折レンズの焦点距離

f_p ：単レンズの屈折作用によるレンズの焦点距離

W_T ：半導体レーザの単位温度あたりの波長変動（単位：nm/度）

以下に各実施例の具体的な数値例を示す。各実施例において共通な仕様として、設計の中心波長は790nmとした。また、集光点側を物点、半導体レーザ側を像点とし、物点とプラスチックレンズの間には、厚み0.3mm、屈折率1.48のカバーガラスが入るものとする。またレンズの物点側すなわち光ファイバ側の面を第1面、像面側すなわち半導体レーザ側の面を第2面とする。以下の各実施例において、

f ：レンズの総合焦点距離

f_p ：屈折作用のみによるレンズの焦点距離

f_{c1} ：第1面に一体化された回折レンズの焦点距離

f_{c2} ：第2面に一体化された回折レンズの焦点距離

ただし f_{c1} 、 f_{c2} いずれかの数値が0のときは、その面に回折素子が一体化されていないことを意味する。

【0026】 f_c ：回折作用のみによるレンズの焦点距離で以下の式により求める。

$$f_c = 1 / f_{c1} + 1 / f_{c2}$$

ただし f_{c1} 、 f_{c2} いずれかの数値が0のときは、0でない方の数値が f_c と等しいとする。

【0027】 NA_L ：レンズの半導体レーザ側（像点側）のNA（開口数）

m ：倍率

R_1 ：レンズの第1面の曲率半径

R_2 ：レンズの第2面の曲率半径

d ：レンズの中心厚み

n ：レンズの屈折率

LO ：物点から像点までの距離

(5)

特開平11-274646

非球面形状は以下の（数1）で与えられる。

【0028】

【数1】

$$x = \frac{C_j h^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + CC_j) C_j^2 h^2}} + \sum A_n h^n$$

【0029】 X ：光軸からの高さが h の非球面上の点の非球面頂点の接平面からの距離

h ：光軸からの高さ

10 C_1 ：レンズの第1面の非球面頂点の曲率（ $C_1 = 1/R_1$ ）

C_2 ：レンズの第2面の非球面頂点の曲率（ $C_2 = 1/R_2$ ）

CC_1 ：レンズの第1面の円錐定数

CC_2 ：レンズの第2面の円錐定数

A_{1n} ：対物レンズの第1面の n 次の非球面係数

A_{2n} ：対物レンズの第2面の n 次の非球面係数

である。

【0030】また位相格子は超高屈折率法（参考文献として例えばウィリアム シー スウェット、ディスクライビング ホログラフィック オプティカル エLEMENTS レンジーズ（ホログラフィック光学素子のレンズとしての記述）ジャーナル オブ オプティカル ソサエティ オブ アメリカ、第67巻、ナンバー6、1997年）によって表現した。位相格子を表す非球面形状は通常非球面形状と同じ（数1）で表し、

C_{d1} ：レンズの第1面に一体化した位相格子を表す非球面の非球面頂点の曲率（ $C_{d1} = 1/R_{d1}$ ）

30 CC_{d1} ：レンズの第1面に一体化した位相格子を表す非球面の円錐定数

$A_{d1, n}$ ：レンズの第1面に一体化した位相格子を表す非球面の n 次の非球面係数

n_{d1} ：レンズの第1面に一体化した位相格子を表す超高屈折率

C_{d2} ：レンズの第2面に一体化した位相格子を表す非球面の非球面頂点の曲率（ $C_{d2} = 1/R_{d2}$ ）

CC_{d2} ：レンズの第2面に一体化した位相格子を表す非球面の円錐定数

40 $A_{d2, n}$ ：レンズの第2面に一体化した位相格子を表す非球面の n 次の非球面係数

n_{d2} ：レンズの第2面に一体化した位相格子を表す超高屈折率

位相格子とレンズの間隔はいずれも0とした。

【0031】またレンズの各性能を以下のように表す。

W_T ：半導体レーザの単位温度あたりの波長変動（単位：nm/度）

実施例ではすべて半導体レーザの温度変化による波長変動を0.2nm/度とした。このとき各温度における波長、レンズの屈折率、位相格子を表す超高屈折率は以下

50 に示す値でレンズ性能を計算した。

【0032】

温度	波長	レンズの屈折率	超高屈折率
常温-50度	780nm	常温の屈折率+0.00449	7801
常温+50度	800nm	常温の屈折率-0.00449	8001

TV: レンズの単位温度あたりの焦点位置の変動量 (単位 $\mu\text{m}/\text{度}$)

Wa: レンズの軸上のRMS波面収差 (単位 λ : 波長)

以下、本発明のプラスチックレンズについて、図面を参照しつつ具体的に説明する。図1は、本発明のプラスチックレンズの実施例1に対応する構成を示す光路図である。図1において、半導体レーザー1から出射した光はカバーガラス2を透過して、プラスチックレンズ3に入射する。プラスチックレンズ3は両面非球面の単レンズであり、入射側及び射出側の両面に位相格子4及び5が形成されている。プラスチックレンズ3で、屈折及び回折された光は光ファイバ6の端面に集光される。

【0033】(実施例1) 実施例1では、両面非球面対物レンズの両面に位相格子を設けている。

【0034】 $f = 1.5239$

$f_r = 2.1545$

$f_{c1} = 7.97268$

$f_{c2} = 6.03643$

$f_c = 3.43538$

$NA_L = 0.3$

$m = -0.3333$

$R_1 = 1.51187$

$R_2 = -2.92298$

$d = 1.5$

$n = 1.523306$

$IO = 8.500$

$CC_1 = -3.08003 \times 10^{-1}$

$A1_1 = -2.24944 \times 10^{-2}$

$CC_2 = -2.13087$

$A2_1 = 3.71374 \times 10^{-2}$

位相格子のパラメータは以下の通りである。

【0035】 $Rd1 = 1.51183371$

$CCd1 = -3.07979 \times 10^{-1}$

$Ad1_1 = -2.24962 \times 10^{-2}$

$Ad1_2 = -1.58024 \times 10^{-6}$

$Ad1_3 = 1.72288 \times 10^{-7}$

$nd1 = 7901$

$Rd2 = -2.92280085$

$CCd2 = -2.13127$

$Ad2_1 = 3.71376 \times 10^{-2}$

$Ad2_2 = -3.68097 \times 10^{-6}$

$Ad2_3 = 5.42599 \times 10^{-6}$

$nd2 = 7901$

$W_r = 0.2$

またレンズの性能を表すパラメータは以下の通りであ

る。

【0036】 $W_r \cdot f_r / f_c = 0.1254$

$TV = 0.529$

$Wa = 0.0002$

図2に実施例1の収差図を示す。図3に本発明の位相格子の具体的な形状を示す。図3(a)は、高さが $\lambda / (n-1)$ の鋸歯状である。ただし λ は光源の波長、 n は屈折率である。この場合、ピッチが波長より十分に大きい場合は、スカラー解析が適用できて、回折効率は100%となる。図3(b)は高さが $2\lambda / (n-1)$ の鋸歯状であり、ピッチは、先ほどの2倍になる。この場合、2次回折光に対して回折効率が100%となる。ピッチが2倍になるため、作成が容易となる。実施例1に2次回折光を用いると、第1面側の同心円上の回折格子の数は13、第2面側の同心円上の回折格子の数は9であり、格子の最小ピッチは $25\mu\text{m}$ と十分に加工可能な大きさとなっている。図3(c)には高さが $\lambda / (n-1)$ の鋸歯状で、ピッチが図3(b)と同じ物を示す。図3(b)よりも相対的に高さが半分になっていいる。この場合回折効率は50%となる。位相格子の高さを変えることで、回折効率を変え、光量を制限するフィルターの機能を持たすことができる。

【0037】次に第2の実施例について説明する。図4は、本発明のプラスチックレンズの実施例2に対応する構成を示す光路図である。図4において、半導体レーザー1から出射した光はプラスチックレンズ7に入射する。プラスチックレンズ7は両面非球面の単レンズであり、光ファイバ側の面に位相格子9が形成されており、半導体レーザー側の面8は、非球面のみである。プラスチックレンズ7で、屈折及び回折された光は光ファイバ6の端面に集光される。

【0038】(実施例2) 実施例2では、両面非球面対物レンズの第1面にのみ位相格子を設けている。

【0039】 $f = 1.0929$

$f_r = 1.35584$

$f_{c1} = 4.0000$

$f_{c2} = 0$

$f_c = 4.0000$

$NA_L = 0.23$

$m = -0.66667$

$R_1 = 1.25700$

$R_2 = -1.183841$

$d = 1.0$

$n = 1.523306$

$IO = 4.8558$

$CC_1 = 7.44535 \times 10^{-1}$

11

$$A1_4 = 2.43250 \times 10^{-2}$$

$$A1_5 = -2.62887 \times 10^{-1}$$

$$A1_6 = -1.79167 \times 10^0$$

$$A1_{10} = 4.45550 \times 10^0$$

$$CC_2 = -9.72684 \times 10^{-1}$$

$$A2_4 = 3.79205 \times 10^{-1}$$

$$A2_5 = -3.87138 \times 10^{-1}$$

$$A2_6 = -3.16389 \times 10^0$$

$$A2_{10} = 9.42199 \times 10^0$$

位相格子のパラメータは以下の通りである。

$$[0040] Rd1 = 1.25695$$

$$CCd1 = 7.44414 \times 10^{-1}$$

$$Ad1_4 = 2.43133 \times 10^{-2}$$

$$Ad1_5 = -2.62850 \times 10^{-1}$$

$$Ad1_6 = -1.79187 \times 10^0$$

$$Ad1_{10} = 4.45597 \times 10^0$$

$$nd1 = 7901$$

$$W_r = 0.2$$

またレンズの性能を表すパラメータは以下の通りである。

$$[0041] W_r \cdot f_r / f_c = 0.0678$$

$$TV = 0.341$$

$$Wa = 0.0017$$

図5に実施例2の収差図を示す。

【0042】次に第3の実施例について説明する。図6は、本発明のプラスチックレンズの実施例3に対応する構成を示す光路図である。図6において、半導体レーザー1から出射した光はカバーガラス2を透過してプラスチックレンズ10に入射する。プラスチックレンズ10は両面非球面の単レンズであり、半導体レーザー側の面には位相格子11が形成され、光ファイバ側の面12は非球面のみである。プラスチックレンズ10で、屈折及び回折された光は光ファイバ6の端面に集光される。

【0043】（実施例3）実施例3では、両面非球面対物レンズの第2面にのみ位相格子を設けている。

$$[0044] f = 1.6013$$

$$f_r = 1.8000$$

$$f_{c1} = 0$$

$$f_{c2} = 9.52347$$

$$f_c = 9.52347$$

$$NA_1 = 0.25$$

$$m = -0.500$$

$$R_1 = 1.200$$

$$R_2 = -2.875542$$

$$d = 1.2$$

$$n = 1.523306$$

$$IO = 7.5911$$

$$CC_1 = -3.90529 \times 10^{-1}$$

$$A1_4 = -3.91236 \times 10^{-2}$$

$$A1_6 = 1.70450 \times 10^{-2}$$

12

$$A1_8 = -1.31011 \times 10^{-2}$$

$$CC_2 = -1.71190 \times 10^0$$

$$A2_4 = 7.92178 \times 10^{-2}$$

$$A2_5 = -7.92056 \times 10^{-2}$$

$$A2_6 = 4.26057 \times 10^{-2}$$

$$A2_{10} = -1.89837 \times 10^{-2}$$

位相格子のパラメータは以下の通りである。

$$[0045] Rd2 = -2.8754321$$

$$CCd2 = -1.71167$$

$$10 \quad Ad2_4 = 7.92200 \times 10^{-2}$$

$$Ad2_5 = -7.91972 \times 10^{-2}$$

$$Ad2_6 = 4.25926 \times 10^{-2}$$

$$Ad2_{10} = -1.89837 \times 10^{-2}$$

$$nd2 = 7901$$

$$W_r = 0.2$$

またレンズの性能を表すパラメータは以下の通りである。

$$[0046] W_r \cdot f_r / f_c = 0.0378$$

$$TV = 1.499$$

$$20 \quad Wa = 0.0006$$

図7に実施例3の収差図を示す。

【0047】次に上記本発明のプラスチックレンズを用いた半導体レーザーモジュールの構成図を図8に示す。レンズホルダ13の後端部側に、半導体レーザー14が挿入されて固定されている。一方、レンズホルダ13の前端部に集光レンズ15が固定されている。レンズホルダ13の外周面には、接続用ホルダ16がはめ込まれている。さらに、この接続用ホルダ16に対して、光ファイバ17の入射端部が固定される。この例では、光ファイバ17を挿入するフェルール18と、フェルール固定用フェルールホルダ19とにより着脱自在に固定される。

【0048】集光レンズ15はプラスチック製の非球面レンズであり、その両面に回折素子が一体化されている。半導体レーザー14から出た光20は集光レンズ15で光ファイバ17の端面に集光され、ファイバに結合される。

【0049】集光レンズはプラスチックレンズであるが、回折素子が一体化されており、プラスチックレンズの焦点シフトを半導体レーザーの波長変動による回折素子の焦点変動でうち消しているため、半導体レーザーモジュール全体の温度が変化しても、その焦点位置の移動は抑制され、光ファイバへの結合効率の低下は必要な範囲内に収まる。

【0050】次に上記本発明のプラスチックレンズを用いた別の半導体レーザーモジュールの構成図を図9に示す。レンズホルダ13の後端部側に、半導体レーザー14が挿入されて固定されている。一方、レンズホルダ13の前端部に集光レンズ15が固定されている。レンズホルダ13の外周面には、接続用ホルダ16がはめ込まれている。さらに、この接続用ホルダ16に対して、光フ

ファイバ17の入射端部が固定される。この例では、光ファイバ17を挿入するフェルール18と、フェルール固定用フェルールホルダ19とにより着脱自在に固定される。フェルール18の端面には、アパーチャ21が設置される。集光レンズ15の光ファイバ17の端面に集光するよう設計された回折光、たとえば1次回折光は、アパーチャ21を透過して光ファイバに結合する。他の次数の回折光たとえば0次回折光23は光ファイバーの端面には集光しないためアパーチャ21で光線がけられる。したがって光ファイバーを着脱したときに半導体レーザモジュールから漏れる光量は安全基準内に抑える必要があるが、従来のように、集光レンズにNDフィルターをコーティングしたり、安全回路を設けたりする必要がない。

【0051】次に上記した集光レンズと、半導体レーザと光ファイバを固定するホルダーを一体化した別の半導体レーザモジュールの構成図を図10に示す。半導体レーザ14とフェルールホルダ24は、ホルダー部を一体化した集光レンズ25の両端面にそれぞれ保持される。これにより従来の金属鏡筒が不要になり、組立調整が大いに簡素化される。

【0052】なお、半導体レーザは、温度によってレーザ光の発振波長が変化するものであればよく、たとえば、波長1.2～1.6μm帯のInP系材料の長波長レーザ、0.98μm帯の半導体レーザ、発振波長0.78μm帯のGaAsAl系材料のレーザなどが利用できる。発振波長が温度によってシフトするものであれば限定はされない。

【0053】さらに、1種類のプラスチック材料について説明したが、特性の異なるプラスチック材料を用いても良い。

【0054】また回折格子の形状については鋸歯状としたが、それ以外の形状であってもよい。

【0055】

【発明の効果】以上のように、本発明のプラスチックレンズは、半導体レーザと半導体レーザの出射光を集光するプラスチックレンズとからなる半導体レーザモジュールの光学系において、前記プラスチックレンズは少なくとも1面が非球面からなる単レンズであって、前記単レンズの両方の屈折面に回折手段を一体化し、集光点側を物点、半導体レーザ側を像点としたとき、

$$0.15 < NA_L < 0.5 \quad (1)$$

$$0.2 < |m| < 1 \quad (2)$$

$$0.06 < W_T \cdot f_p / f_c < 0.135 \quad (3)$$

ただし

NA_L ：単レンズの半導体レーザ側（像点側）のNA（開口数）

m ：倍率

f_c ：回折素子の総合焦点距離で $f_c = 1/f_{c1} + 1/f_{c2}$ で表す。ただし、

f_{c1} ：物点側の面に一体化された回折レンズの焦点距離

f_{c2} ：像点側の面に一体化された回折レンズの焦点距離

f_p ：単レンズの屈折作用によるレンズの焦点距離

W_T ：半導体レーザの単位温度あたりの波長変動（単位：nm/度）

の条件を満足するように構成したので、安価なプラスチックレンズを用いても、温度変化に対して結合効率の低下が少なく、環境に対して安定した半導体レーザモジュールを提供することができる。また集光レンズに一体化した回折素子のピッチが十分に大きく加工が容易である。さらに非球面を用いているため、スポットが十分に集光され高い結合効率を得ることができる。また半導体レーザ側のNAが十分にあり、同じく高い結合効率を得ることができる。

【0056】また別の本発明のプラスチックレンズは、半導体レーザと半導体レーザの出射光を集光するプラスチックレンズとからなる半導体レーザモジュールの光学系において、前記プラスチックレンズは少なくとも1面が非球面からなる単レンズであって、前記単レンズの片方の屈折面に回折手段を一体化し、集光点側を物点、半導体レーザ側を像点としたとき、

$$0.15 < NA_L < 0.5 \quad (4)$$

$$0.2 < |m| < 1 \quad (5)$$

$$0.02 < W_T \cdot f_p / f_c < 0.12 \quad (6)$$

ただし

NA_L ：単レンズの半導体レーザ側（像点側）のNA（開口数） m ：倍率

f_c ：片方の面に一体化された回折レンズの焦点距離

f_p ：単レンズの屈折作用によるレンズの焦点距離

W_T ：半導体レーザの単位温度あたりの波長変動（単位：nm/度）

の条件を満足するよう構成されているため、先に述べた効果とともに片面にしか回折格子が一体化されていないため、より安価なレンズとすることができる。

【0057】また回折素子の2次以上の回折光を用いることで、回折格子のピッチを大きくしてより加工を容易にすることができる。

【0058】また本発明の半導体レーザモジュールによれば、集光レンズに安価なプラスチックレンズを用いながら、温度変化に対して安定した結合効率を得ることができる。さらに、回折効率を集光レンズの回折素子形状を変えることで制御できるため、光ファイバー端面のアパーチャと組み合わせたシンプルな構造で、半導体レーザモジュールからの出力を抑え、レーザ光の安全基準を満たすことができる。

【0059】またプラスチックレンズは前記光ファイバの入射端を固定する固定手段を兼ねるよう一体に成形するよう構成することで、金属鏡筒や、組立調整の行程を大幅に省くことができ、非常に安価な半導体レーザモジュールを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係るプラスチックレンズの構成を示す光路図

【図2】実施例1の光学性能を示す収差図

【図3】回折素子の格子形状を示す構成図

【図4】本発明の実施例2に係るプラスチックレンズの構成を示す光路図

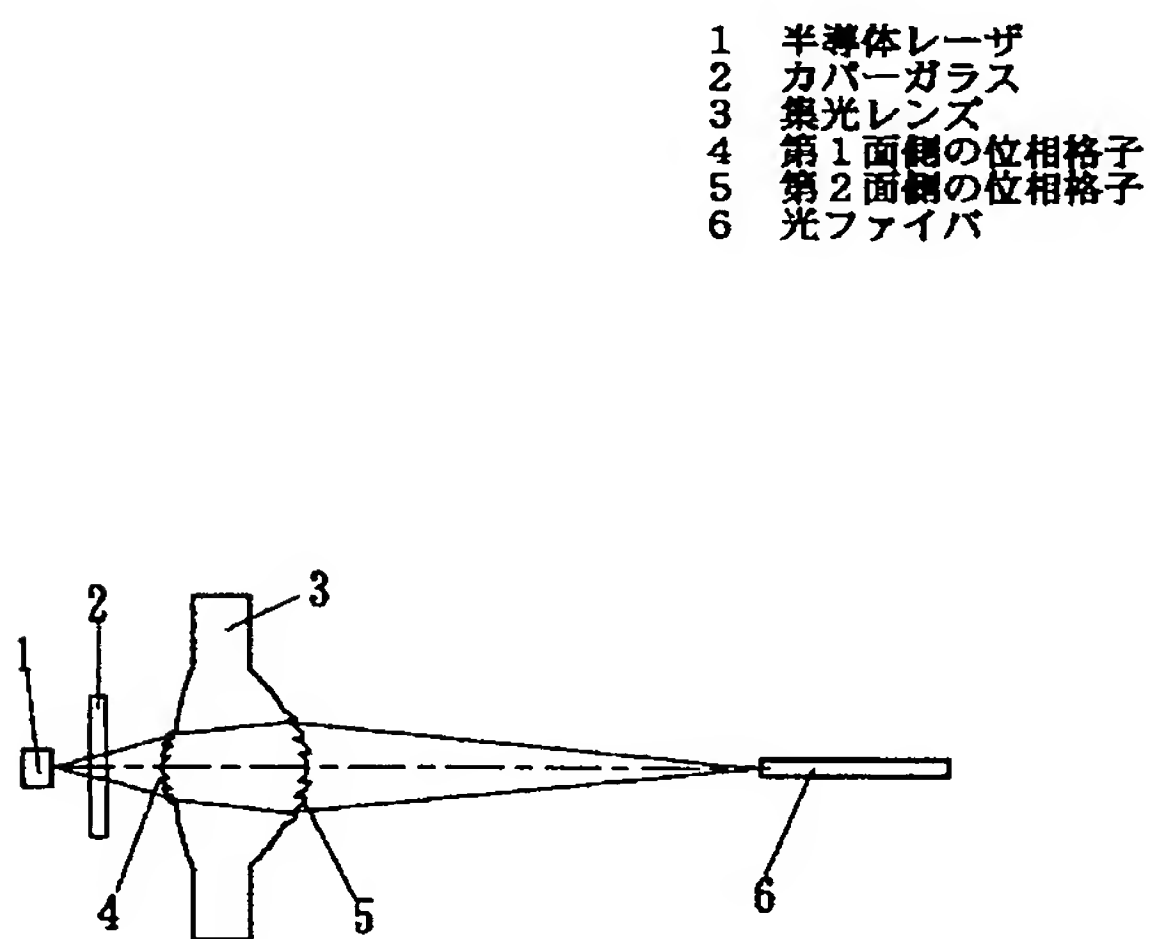
【図5】実施例2の光学性能を示す収差図

【図6】本発明の実施例3に係るプラスチックレンズの構成を示す光路図

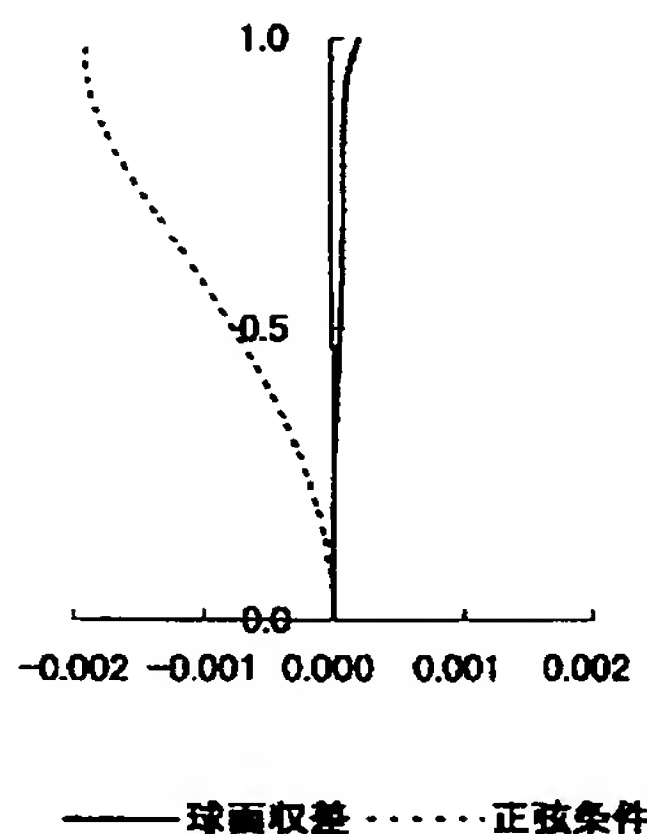
【図7】実施例3の光学性能を示す収差図

【図8】本発明の半導体レーザモジュールの一実施例の構成を示す構成図

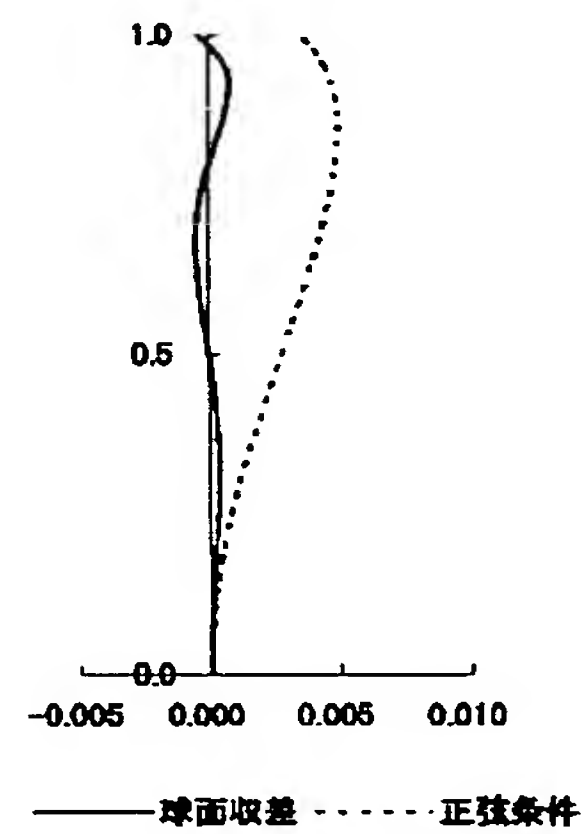
【図1】



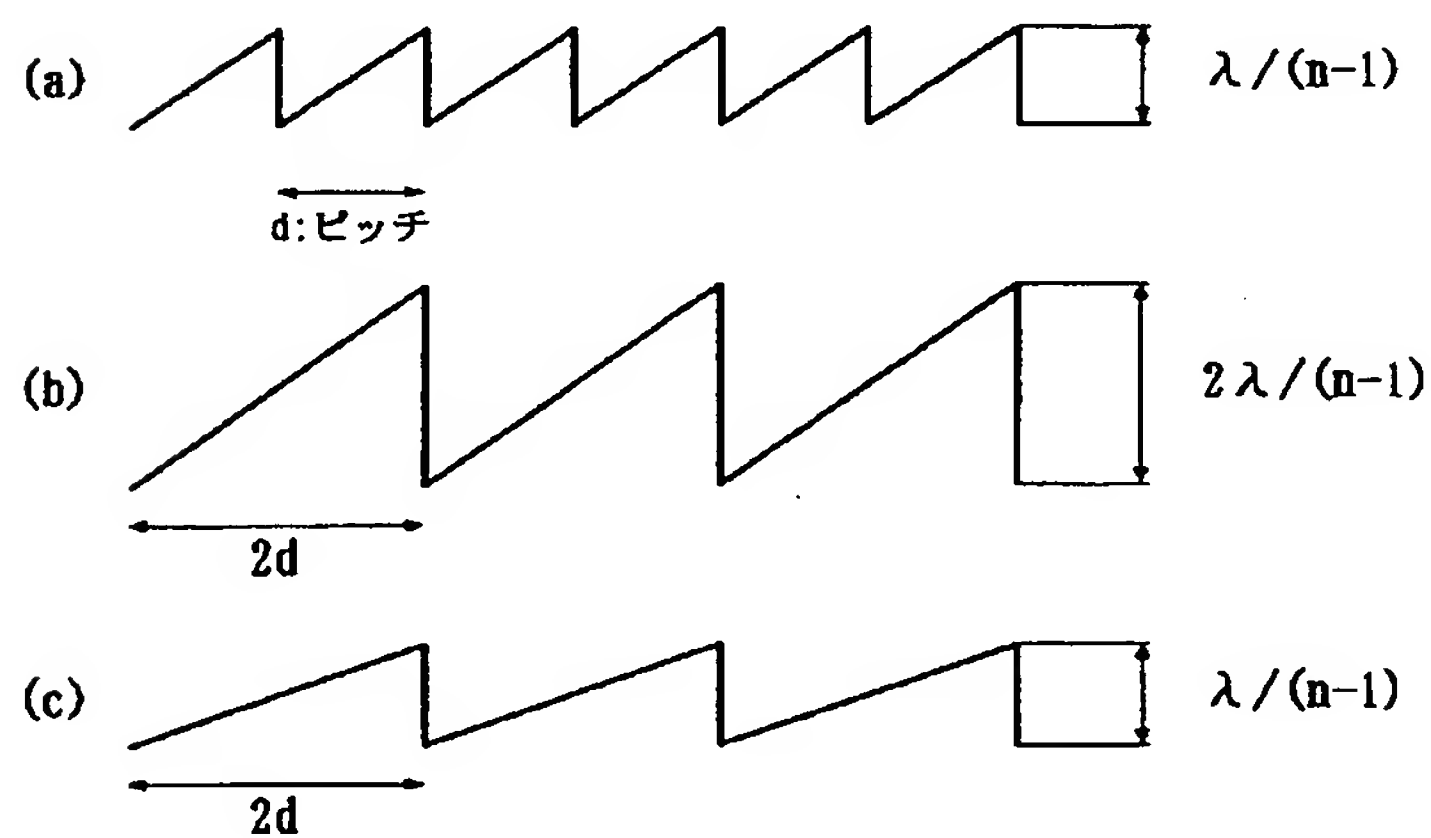
【図2】



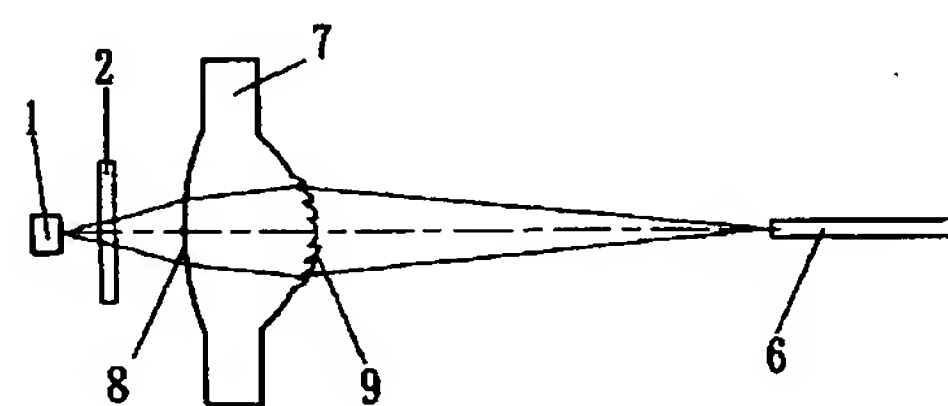
【図5】



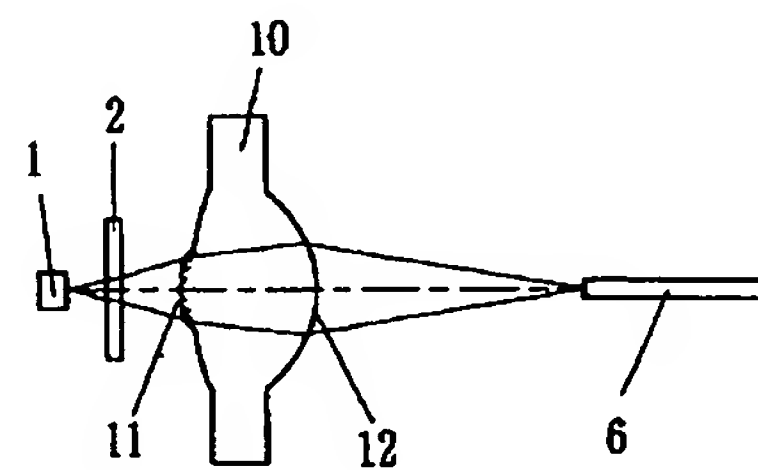
【図3】



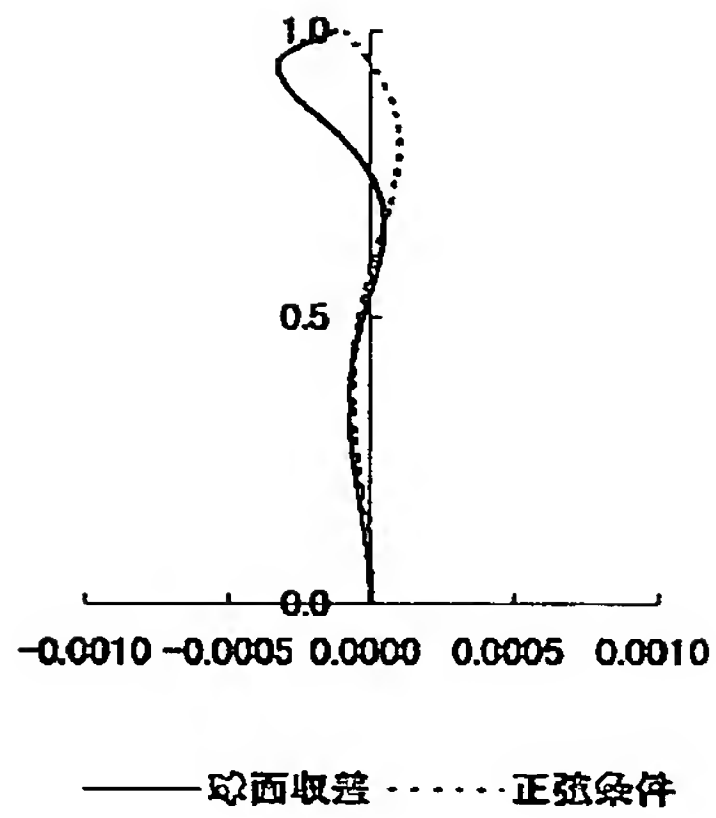
【図4】



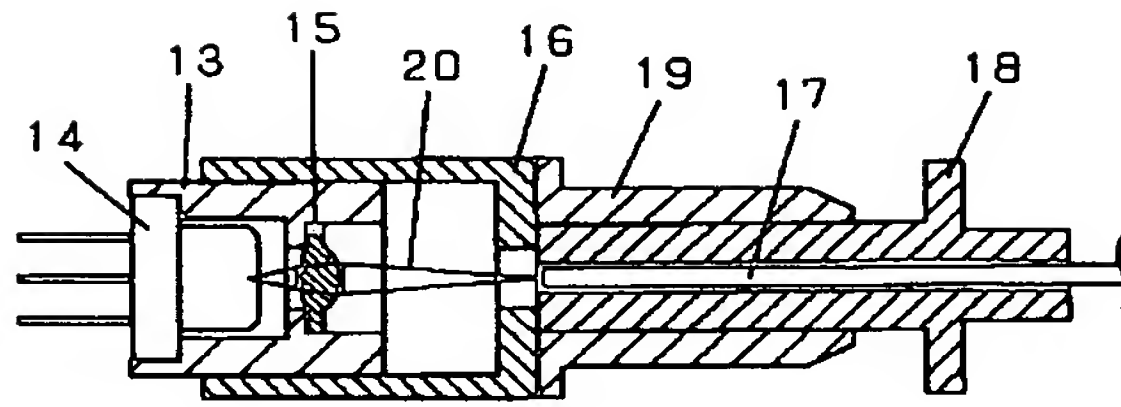
【図6】



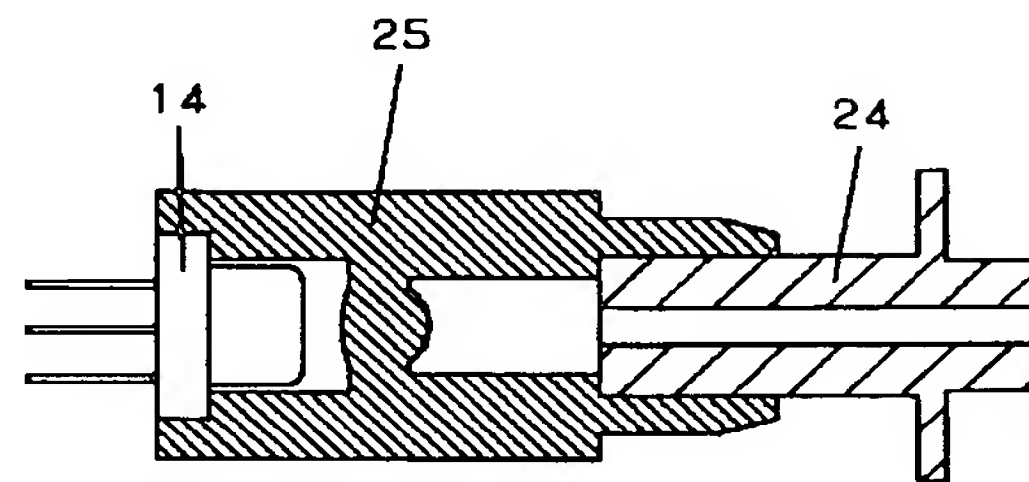
【図7】



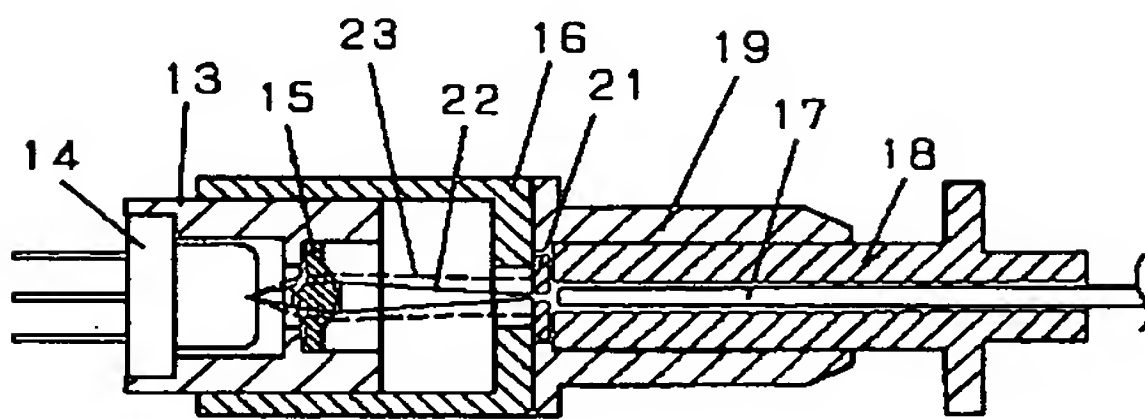
【図8】



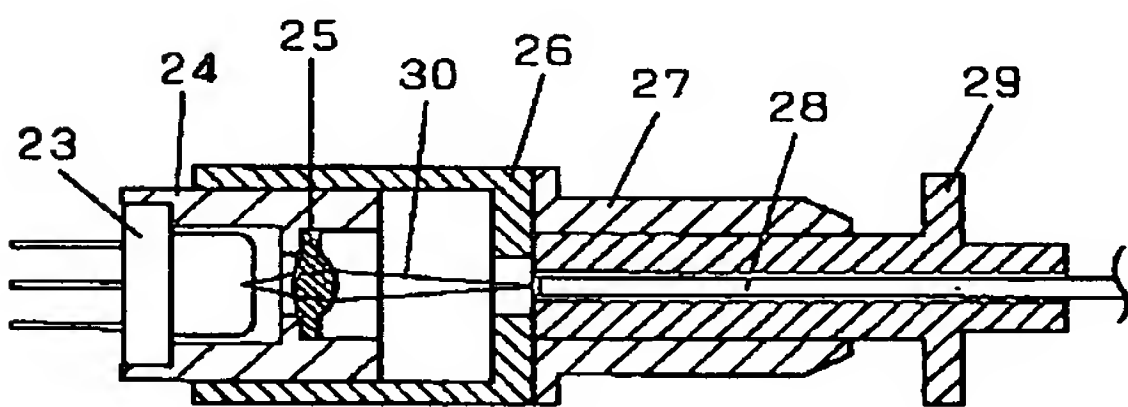
【図10】



【図9】



【図11】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

G 0 2 B 13/00
13/18

識別記号

F I

G 0 2 B 13/00
13/18